

现代超声临床诊断

隋桂玲 著

Xiandai Chaosheng
Linchuang Zhenduan

图书在版编目 (C I P) 数据

现代超声临床诊断 / 隋桂玲著. -- 广州 : 世界图书出版广东有限公司, 2019.10
ISBN 978-7-5192-6766-7

I . ①现… II . ①隋… III . ①超声波诊断 IV .
① R445.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 222365 号

书 名	现代超声临床诊断
	XIANDAI CHAOSHENG LINCHUANG ZHENDUAN
著 者	隋桂玲
责任编辑	张柏登 曹桔方
装帧设计	汇文书联
责任技编	刘上锦
出版发行	世界图书出版广东有限公司
地 址	广州市新港西路大江冲 25 号
邮 编	510300
电 话	020-84460408
网 址	http://www.gdst.com.cn
邮 箱	wpc_gdst@163.com
经 销	各地新华书店
印 刷	广州市迪桦彩印有限公司
开 本	787mm × 1092mm 1/16
印 张	16.5
字 数	280 千字
版 次	2019 年 10 月第 1 版 2019 年 10 月第 1 次印刷
国际书号	ISBN 978-7-5192-6766-7
定 价	55.00 元

版权所有 侵权必究

咨询、投稿: 020-84451258 gdstchj@126.com

前 言

超声诊断学是影像医学的一门新兴学科。近年来除了常规的二维超声及彩色多普勒超声技术发展迅速以外，超声造影技术、弹性成像技术，以及介入超声的新技术发展为超声影像带来了新的飞跃。超声影像技术除了能形象、直观地显示器官或病变组织的形态学及血流动力学信息，更能达到微血管血流动力学显示，甚至是分子显像，大大提高了超声诊断临床应用范围及诊断水平，使超声诊断在临床医学中占据重要地位。超声影像科室已成为各级医疗机构中必不可少的部门之一。

超声医学参考书籍从大型的学术专著到简明的专科小本，可谓浩如烟海，种类繁多。胎儿心脏超声检查作为目前首选的筛查、诊断和预后评估的技术手段日益受到重视。但是我国胎儿心脏超声检查起步较晚，技术力量相对薄弱、诊断水平参差不齐。本书立足于现代超声临床实践，内容系统、全面，共分八章，第一章到第六章主要介绍了超声诊断的基础知识和现代超声诊断新技术的发展，第七章到第八章重点介绍心血管疾病的临床超声诊断和胎儿心脏临床超声诊断，从临床表现、超声心动图表现、诊断要点等几个方面详细介绍了常见心血管疾病和胎儿心脏疾病的超声诊断方法，在诊断与鉴别诊断上，除了常规超声检查外，还运用了目前新的超声影像技术如超声造影、弹性成像、腔内超声、斑点追踪技术及三维超声等，为临床医师提供了较为详细、全面的超声临床诊断情况。

本书在编写过程中得到不少专家和同行的指导与帮助，对他们的辛勤付出致以衷心的感谢。

由于学识有限，书中错误在所难免，恳请广大读者批评指正。

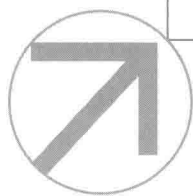
目 录

第一章 超声诊断物理学基础	1
第一节 超声波的基本概念	3
第二节 超声换能器及声场特性	7
第三节 超声波的传播特性	9
第四节 人体组织的声学参数	11
第二章 超声诊断仪构件及类型	13
第一节 超声诊断仪的基本构件及其工作流程	15
第二节 超声诊断仪类型	17
第三节 超声显像类型	19
第三章 超声诊断图像分析	25
第一节 超声图像的分辨力	27
第二节 二维灰阶超声图像分析	29
第三节 二维灰阶超声图像回声的描述	30
第四节 多普勒超声图像分析	32
第五节 超声伪像	34
第四章 超声诊断新技术	37
第一节 超声造影的原理及其应用	39
第二节 斑点追踪超声的成像原理及检查方法	42
第三节 超声弹性成像	44
第四节 腔内超声	48
第五节 产科三维超声	52

第五章 超声的生物效应	55
第一节 超声波对人体的作用机理	57
第二节 超声声强参数	60
第三节 超声诊断安全标准	61
第六章 超声图像的观察和诊断报告的书写	63
第一节 超声图像的观察	65
第二节 诊断报告的书写	68
第七章 心血管疾病的临床超声诊断	69
第一节 检查方法及正常超声心动图	71
第二节 心脏瓣膜疾病	87
第三节 冠状动脉粥样硬化性心脏病	112
第四节 慢性肺源性心脏病	123
第五节 高血压心脏病	125
第六节 心肌病	132
第七节 心包疾病	146
第八节 心腔内血栓	152
第九节 心脏肿瘤	156
第十节 先天性心脏病	171
第十一节 心内膜胶原弹力纤维增生症	201
第十二节 心脏功能测定	205
第八章 胎儿心脏临床超声诊断	217
第一节 胎儿心脏超声检查管理要求	219
第二节 胎儿超声心动图检查	223
第三节 胎儿心血管疾病超声诊断	235
第四节 胎儿心功能和血流动力学评价	246
参考文献	253

第一章

超声诊断物理学基础



第一节 超声波的基本概念

一、超声波的概念

人类是通过耳朵的听觉感知声音的，这一部分声波称为可听声，高于或低于这一频段的声波是听不到的。其中，频率高于可听声上限的声波称为超声波，该上限是一种统计结果，一般认为在 16~20 kHz。

声波是由于弹性媒质质点受到机械力的作用而发生周期振动并向四周传播而产生的，属于机械波。产生振动的声源和传播声波的媒质是两个最基本的要素。

产生超声波的振动声源为超声换能器（或称超声探头），当超声换能器产生振动时，引起其接触的人体皮肤、脂肪及内脏的振动，这样超声波能量就进入人体。因此，获得超声波的条件是具有做机械振动的波源（超声换能器）和能传播这种振动的弹性介质。固体、流体、气体都是弹性介质，都可以传播超声波，真空中没有介质存在，因此不能传播超声波。

二、超声波的分类

1. 按发射超声波的类型分类

声源连续振动时产生的超声波为连续波，短促振动时产生的超声波为脉冲波。在目前的临床实践中，连续波仅在胎儿心率仪和连续波频谱多普勒血流仪中应用，A 型、M 型、二维灰阶、脉冲波频谱多普勒及彩色血流成像中，采用的都是脉冲波。

2. 按质点振动方向和波传播方向的关系分类

波动只是振动状态的传播，媒质的质点并不随着波前进。波的传播方向与质点振动方向可以有不同的组合。波的传播方向与质点振动方向垂直的波称为横波（或剪切波），波的传播方向与质点振动方向平行的波称为纵波。

4 现代超声临床诊断

纵波能够在固体、液体、气体、凝胶体和人体软组织等各种媒质中传播，横波能够在固体、凝胶体和人体软组织中传播，而不能在液体和气体中传播。迄今为止，超声医学的诊断、治疗活动利用的都是纵波。与纵波相比，人体组织中的横波速度要慢得多，衰减要快得多，但并非毫无用途。比如，作为超声医学最新进展之一的弹性成像就包括横波的应用。

3. 按波阵面的形状分类

波从波源出发，在媒质中向各个方向传播。在某一时刻媒质中相位相同的各点组成的面为波面。显然波面有无数个，最前面的一个波面也就是波源最初振动状态传播的各点组成的面，通常又叫波阵面。波面的形状决定了波的类型，波面为平面的波称为平面波，波面为同心球面的波称为球面波，波面为同轴柱面的波称为柱面波。

三、超声波的基本物理量

超声波有三个基本物理量，即传播速度、波长和频率。

1. 传播速度

单位时间内声波在媒质中传播的距离称为声波的传播速度，简称声速，单位为米/秒（m/s）。

声波的传播过程实质上是声能量的传递过程，其速度依赖于媒质的密度、弹性模量和波动的类型。在固体、液体和气体三大类媒质中，除个别的交叉外，总的趋势是固体中声速最高，液体中次之，气体中最低。人体软组织虽然从生物医学角度分多种多样，但声速并无太大差异，国际公认的平均值为1540 m/s，也是迄今为止各种医用超声仪器设计、制造的基本假设之一。各种软组织的声速大概有5%的差异。一般而言，固体物含量高者声速高；含纤维组织（主要为胶原纤维）高者声速较高；含水量较高的软组织声速较低；体液中声速更低。

2. 周期、频率、波长

媒质中的质点在平衡位置往返振动一次所需要的时间称为周期，单位是秒（s）；单位时间内质点振动的次数称为频率，单位为赫兹（Hz）。声波的频率和周期互为倒数关系。一个周期内声波传播的距离就是一个波长（见图1-1）。

因为质点每振动一次声波将前进一个波长 λ 的距离,质点在单位时间内振动次数为 f ,也就是说单位时间内波前进了 λf 的距离,

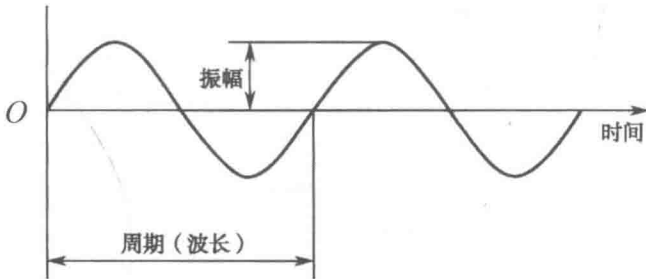


图 1-1 超声波的物理特性

而根据声速的定义,单位时间内波前进的距离就是声速 c ,因此声速(c)与声波的波长(λ)和频率(f)的关系:

$$c = \lambda \cdot f$$

目前医学诊断中常用的频率范围为 2.5~20 MHz,在人体软组织中传播的超声波的波长为 0.6~0.075 mm。

频率和波长在超声成像中是两个极为重要的参数,波长决定了成像的极限分辨力,而频率则决定了可成像的组织深度。

3. 声特性阻抗

这是声波在介质中传播的一个十分重要的参量,它和声波的传播过程有着很大的关系。实质上,超声诊断技术的应用都和声特性阻抗有关。按照严格的物理定义,声特性阻抗是平面自由行波在媒质中某一点的声压与质点速度的比值。声特性阻抗 Z 在数值上等于媒质的密度 ρ 和其中声速 c 的积:

$$Z = \rho \cdot c$$

当考虑媒质中的衰减时,声特性阻抗是一个与频率有关的复数,但对人体软组织等衰减不高的媒质,采用密度与声速的乘积并不会造成明显的误差。需要注意的是,当密度以千克/立方米(kg/m^3)为单位,声速以米/秒(m/s)为单位时,声特性阻抗的法制计量单位为帕·秒/米($\text{Pa} \cdot \text{s}/\text{m}$)。

4. 声衰减系数

声波在媒质中传播的过程中,由于声能损失(吸收)和(或)方向歧异(散射)导致强度逐渐减弱的现象称为衰减。沿声传播方向单位距离上的声衰减

6 现代超声临床诊断

称为衰减系数。如声波在点 A 的声压为 P_A ，在其之后点 B 的声压为 P_B ，则 A 、 B 两点间距离为声衰减系数 α ：

$$\alpha = \frac{1}{x} \left(20 \lg \frac{P_A}{P_B} \right)$$

式中， \lg 是以 10 为底的对数的符号，两个声压的比值是无量纲的，如距离 x 的单位为 cm （厘米），则声衰减系数的单位为 $\text{dB}/\text{MHz}\cdot\text{cm}$ （分贝每兆赫每厘米）。在人体组织中，吸收和散射都是超声衰减的重要原因，故其声衰减系数 α 是由吸收衰减 α_a 和散射衰减 α_s 两部分构成，即

$$\alpha = \alpha_a + \alpha_s$$

5. 声强和声压

声压是指媒质中有声波传播时的压强与没有声波传播时的静压强之差。

一般，声强 I 和声压 P 、特性阻抗 Z 之间存在以下关系：

$$I = P^2/Z$$

声强和声压可以描述声波在媒质中传播的强弱。当声波在媒质中传播时，声波的能量也从媒质中的一个体积元通过邻近的体积元向远处传播。我们把单位时间内通过垂直于声波传播方向单位面积的能量称为能流密度，也称为波的强度，即声强，单位为瓦/平方厘米（ W/cm^2 ）。声强也定义为单位面积上发出或辐照的声功率。

当声源尺寸远小于波长，可以视为点声源时，声束的横截面积是逐渐增大的，声压和声强将随传播的距离而减小。对于平面波，波阵面彼此平行且面积不变，不存在因声束横截面扩展引起的声压、声强减小现象。

第二节 超声换能器及声场特性

一、压电效应

某些电介质（如晶体、陶瓷、高分子聚合物等）在其适当方向施加作用力时，在电介质的相对两表面上会出现与外力呈正比的符号相反的束缚电荷，这种由于外力作用使电介质带电的现象叫作正压电效应。相反地，若在电介质上加一外电场，电介质会产生与外加电场强度呈正比的应变现象，这一现象称为逆压电效应。

二、超声换能器

超声换能器是超声医学设备必备的主要部件之一，作用是发生和接收超声波。超声换能器是指在超声频段内，能够将电能转换为机械能（声能）和（或）将机械能（声能）转换为电能的器件。在超声医学工程和临床中，用得更多的术语是“探头”。在复杂情况下，超声探头是由外壳、超声换能器、相关的电路（如前置放大器）、外壳中充装的液体、连接探头与主机的一体化电缆等的组合；在简单情况下，探头中只有超声换能器。

在临床所用的超声探头中，换能器部分除压电陶瓷换能元件外，还包括背衬、声阻抗匹配层和声透镜。背衬指加在压电元件背面的阻尼材料，其作用除用以缩短压电元件的余响外，还能被切割成数十至上百阵元的压电元件的结构依托。匹配层的作用在高阻抗的压电陶瓷材料与低阻抗的人体组织之间起阻抗过渡作用，以提高发射—接收灵敏度并缩短脉冲宽度。声透镜的作用是在与声束扫描方向垂直的方向（俯仰方向）上实现声束的几何聚焦。

对超声诊断仪器来说，超声换能器的性能对诊断的质量有着十分重要的影响。为了利用超声设备准确而灵敏地诊断疾病，医用的超声换能器应有较高的灵敏度、信噪比、纵向和横向的分辨力。

依据超声换能器发射超声波的频率范围及其中心频率的个数，通常将超声换能器分为单频探头、变频探头和宽频探头。在临床实践中，依据探头的外形、阵元的排列方式和激励方式，以及不同的使用目的和频率范围，又将其分为：

- (1) 凸阵探头 应用于腹部器官和妇产科检查。
- (2) 线阵探头 应用于外周血管和浅表器官检查。
- (3) 相控阵探头 应用于心脏和颅脑检查。

依据超声探头扫描的部位，探头又分为体表探头、腔内探头（经食管、经阴道或直肠）、介入性的心腔内探头和血管内探头。

三、超声换能器的声场特性

媒质中有声波存在的区域称为声场。非聚焦换能器的声场可划分为近场（NZ）和远场（FZ）两段，近场中声压与质点速度不同相，远场中声压与质点速度同相（见图 1-2），近场区声压和声强无规则地剧烈起伏，将影响超声诊断的准确性，不能用于诊断，是超声诊断中的一个盲区。而远场区声束横截面严重发散，难以取得高信噪比和清晰图像，只有中间一段“自然焦区”较有价值。

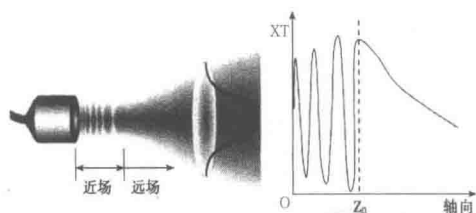


图 1-2 圆形换能器的轴向声强分布

使声束变细，从而提高诊断仪器空间分辨力的最有效办法是聚焦。其中，沿声束扫描方向均采用电子聚焦，与声束扫描平面垂直的方向（俯仰方向）绝大部分采用声透镜聚焦，只有近年出现的“多维探头”在俯仰方向采用了电子聚焦。

第三节 超声波的传播特性

超声波在人体组织中的传播特性实际上是指超声波和人体组织相互作用的规律,这些相互作用包括与组织特性阻抗和声速有关的超声波的反射、折射、散射和衰减。

一、超声波的反射和折射

两种声特性阻抗不同的媒质相接触处称界面。大、小界面是一个相对的概念,是与入射声束的波长相比较来确定的,界面小于波长者称为小界面,界面大于波长者称为大界面。超声波在人体组织中的传播特性与组织的特性阻抗和组织界面的大小有直接关系。

在大界面的情况下,当声波从一种特性阻抗的组织进入另一种不同特性阻抗的组织(或同一组织特性阻抗不同的两个区域)时,有一部分能量被界面反射回来,而其余的能量则进入界面另一侧的组织中,即声波的折射。

两种组织的特性阻抗相差越大,则反射越强。同时由于能量守恒,入射波的能量总是等于反射波的能量和折射波的能量之和。如反射越强时,进入第二种组织的折射波的能量将越小,只要声阻抗差值大于1%时,就会产生反射回波,因此超声波对人体软组织具有很高的分辨力。

被界面反射的声波给我们带回来了界面位置和形状等重要信息,使人们可以利用这些信息进行超声波的诊断。而透射进去的那一部分声波,将在第二种媒质中继续传播,探索更深处组织的情况。

二、超声波的散射

当组织界面(或组织中的微小粒子)的尺寸与声波长相当或小于声波长时,声波将向各个方向散射。它是超声波在人体组织传播中最重要、最普遍和最

基本的现象。当散射的方向为入射波的反方向时，这种散射称为超声波的背向散射。

散射体的性质：几何形状不同时，声波散射的情况也不同。一般来说，散射体的尺寸越大，频率越高，则散射也就越强。

三、超声波的绕射

当障碍物直径等于或小于声波长的一半时，超声绕过该障碍物而继续前进的现象称为绕射（又称衍射）。它与障碍物的大小、声波波长等有关。邻近超声束边缘的物体，虽然没有阻碍超声的传播，但会使一部分声波偏离原来的传播方向，沿其边缘绕行，绕过物体后又以接近原来的方向传播。绕射现象可导致某些被测体后方声影抵消。

四、超声波的衰减

超声波在组织中传播时，其强度随传播距离的增大而减小，这种现象称为声波的衰减。人体组织的衰减机理比较复杂，主要原因：第一，软组织的声吸收所造成的声能转化为其他形式的能量，主要是热能，从而引起声波的衰减；第二，组织的非均匀性造成的声波的反射和散射，在声特性阻抗差异大的界面反射很强烈，因而透射波的声强将大大减小；即使在界面两边特性阻抗相差不大的情况下，组织的非均匀性也会引起声波的反射和散射，使得按原来方向传播的声波的声束强度逐渐减弱；第三，声波传播过程中声束逐步扩散，引起声束截面的逐渐增大，导致了声强的减弱。

在超声诊断的频率范围内，人体软组织的声衰减系数大多与频率呈正比。但血液和骨组织的声衰减系数和频率不是线性关系，血液的声衰减系数比一般软组织小，而骨组织的声衰减系数比一般软组织大很多。

第四节 人体组织的声学参数

作为概括，列出了人体组织的一些声学参数（见表 1-1）。

表 1-1 人体组织的声学参数

组织名称	密度 / (g/cm ³)	声速 / (m/s)	特性阻抗 / (g/cm ² · s) × 10 ⁵	衰减系数 (1 MHz) / (dB/ cm)
血液	1.055	1580	1.67	0.18
血浆	1.027	1570	1.61	0.07
小脑	1.030	1470	1.51	0.85
大脑	1.038	1540	1.60	0.61
脑脊液	1.000	1522	1.52	-
脂肪	0.955	1476	1.41	0.68
肝	1.050	1570	1.65	0.72
肾	1.040	1560	1.62	1.00
肌肉(平均)	1.074	1568	1.68	-
玻璃体	1.001	1495	1.50	2.00
羊水	1.013	1474	1.49	0.002
胎体	1.023	1505	1.54	-
软组织(平均)	1.016	1500	1.52	0.81
颅骨	1.658	3860	5.57	20.00
空气	0.0012	340	0.0004	41.00
生理盐水 (0.9%)	0.997	1534	1.53	0.002

